

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Jan Pahulje

**MiSmart – Nadzor kakovosti
elektroenergetskega omrežja**

DIPLOMSKO DELO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE
STOPNJE RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKA

MENTOR: doc. dr. Tomaž Curk

Ljubljana 2014

Rezultati diplomskega dela so intelektualna lastnina avtorja. Za objavljanje ali izkoriščanje rezultatov diplomskega dela je potrebno pisno soglasje avtorja, Fakultete za računalništvo in informatiko ter mentorja.

Besedilo je oblikovano z urejevalnikom besedil \LaTeX .

Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Tematika naloge:

V diplomski nalogi preučite problematiko zagotavljanja kakovostne distribucije električne energije. Opišite obstoječe sisteme za nadzor kakovosti, tipe zbranih podatkov in merilnih naprav. Izberite ustrezen pristop razvoja programske opreme, določite arhitekturo in nato implementirajte sistem za prikaz in analizo podatkov o kakovosti električne energije.

Describe the problems associated with monitoring the quality of electric power distribution. Give an overview of current solutions for power quality monitoring, types of data being collected and measuring devices used for monitoring. Select an appropriate software design approach, define the architecture and implement a system for monitoring and analysis of data on power quality.

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Spodaj podpisani Jan Pahulje, z vpisno številko **63010257**, sem avtor diplomskega dela z naslovom:

MiSmart – Nadzor kakovosti elektroenergetskega omrežja

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- sem diplomsko delo izdelal samostojno pod mentorstvom doc. dr. Tomaža Curka,
- so elektronska oblika diplomskega dela, naslov (slov., angl.), povzetek (slov., angl.) ter ključne besede (slov., angl.) identični s tiskano obliko diplomskega dela,
- soglašam z javno objavo elektronske oblike diplomskega dela na svetovnem spletu preko univerzitetnega spletnega arhiva.

V Ljubljani, dne 10. september 2014

Podpis avtorja:

Zahvaljujem se mentorju, doc. dr. Tomažu Curku, za pomoč in pregled diplomskega dela. Prav tako se zahvaljujem podjetju Iskra Sistemi in vsem sodelavcem, ki so mi omogočili izvedbo diplomskega dela.

Posebna zahvala gre staršem, Nadi in Radu, ki verjamejo vame in me podpirajo pri mojih odločitvah, ter stari mami Nežki za potrebne besede, bratu Roku, njegovi spremljevalki Nataši ter nečakinji Amadeji za dobro voljo, srčnost in motivacijo, pa tudi prijateljem, ki mi stojijo ob strani.

Hvala tudi vsem tistim, ki mi s svojimi nasveti, spoznanji ali pripombami pomagajo priti do izkušenj, ki jih potrebujem za uresničitev svojih ciljev.

Kazalo

Povzetek

Abstract

| | | |
|----------|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| 1 | Uvod | 1 |
| 2 | Distribucija električne energije | 3 |
| 2.1 | Kakovost električne energije | 4 |
| 3 | Nadzor kakovosti električne energije (PQMS) | 7 |
| 3.1 | Splošne značilnosti projektov PQMS | 7 |
| 3.2 | Pristopi nadziranja kakovosti elektroenergetskega omrežja . . . | 10 |
| 3.3 | Merilni instrumenti | 13 |
| 3.3.1 | Večnamenske merilne naprave | 13 |
| 3.3.2 | Števci energije | 14 |
| 3.3.3 | Širokoupornabni industrijski PC | 15 |
| 3.4 | Programska konfiguracija instrumentov - MiQEN | 15 |
| 3.5 | Komunikacija instrumentov s podatkovnim centrom | 17 |
| 3.6 | Podatkovni center | 17 |
| 4 | Platforma MiSmart | 19 |
| 4.1 | Princip delovanja MiSmart | 19 |
| 4.2 | Osnovne funkcionalnosti | 20 |
| 4.3 | Arhitektura | 21 |
| 4.3.1 | Sprejemnik <i>push</i> | 23 |

KAZALO

| | | |
|---------|-------------------------------------------|----|
| 4.3.2 | Zbiralnik <i>poll</i> | 23 |
| 4.3.3 | Podatkovni nivo | 24 |
| 4.3.4 | Nivo dostopa do podatkov | 24 |
| 4.3.5 | Nivo poslovne logike | 24 |
| 4.3.6 | Nivo uporabniškega vmesnika | 24 |
| 4.4 | Grafični uporabniški vmesnik | 25 |
| 4.4.1 | Prijava v sistem | 27 |
| 4.4.2 | MiSmart Pregledovalnik podatkov | 27 |
| 4.4.2.1 | Filter | 28 |
| 4.4.2.2 | Vozlišča | 29 |
| 4.4.2.3 | Meritve | 30 |
| 4.4.2.4 | Alarmi | 33 |
| 4.4.2.5 | Kakovost | 34 |
| 4.4.3 | MiSmart Nastavitvena orodja | 35 |
| 4.4.3.1 | Merilna mesta | 35 |
| 4.4.3.2 | Tipi meritev | 37 |
| 5 | Sklepne ugotovitve | 39 |

Seznam uporabljenih kratic

| kratica | angleško | slovensko |
|--------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| BL | business logic | poslovna logika |
| DAL | data access layer | nivo dostopa do podatkov |
| GPRS | general packet radio service | splošna paketna radijska storitev |
| GSM | global system for mobile | globalni sistem za mobilne |
| GUI | graphical user interface | grafični uporabniški vmesnik |
| IP | internet protocol | internetni protokol |
| LAN | local area network | brežžično lokalno omrežje |
| NN | low voltage | nizka napetost |
| PQMS | power quality monitoring system | nadzor in spremljanje kakovosti električne energije |
| SCADA | supervisory control and data acquisition | nadzor kontrole in zbiranje podatkov |
| SMS | short message service | sistem kratkih sporočil |
| SN | medium voltage | srednja napetost |
| SOA | service organized architecture | storitveno organizirana arhitektura |
| SQL | structured query language | strukturirani povpraševalni jezik |
| TCP | transmission control protocol | protokol za nadzor prenosa |
| USB | universal serial bus | univerzalno serijsko vodilo |
| VN | high voltage | visoka napetost |
| WiMAX | worldwide interoperability for microwave access communications | brežžična širokopasovna komunikacija za daljše razdalje komunikacije |

Povzetek

Diplomsko delo obravnava aplikacijo za prikaz in analizo podatkov o kakovosti električne energije v elektroenergetskem omrežju. Delo je razdeljeno na tri dele. V uvodnem delu opišemo elektroenergetska distribucijska omrežja in definiramo pojem kakovosti električne energije. Nato opišemo splošne značilnosti sistemov za nadziranje kakovosti električne energije (angl., power quality monitoring system, PQMS), tipe podatke in merilne naprave, ki omogočajo merjenje kakovosti električne energije v distribucijskem elektroenergetskem sistemu. V zadnjem delu opišemo razvito spletno platformo MiSmart za prikaz in analizo podatkov o kakovosti električne energije, kar je tudi glavni prispevek diplomskega dela. Opišemo del aplikacije imenovan „Pregledovalnik podatkov,” ki smo ga v celoti implementirali v okviru diplomske naloge. Platforma MiSmart omogoča hitrejši odziv na težave v elektroenergetskem omrežju, učinkovitejše vzdrževanje in lažje zagotavljanje kakovosti elektroenergetskega omrežja.

Ključne besede: MiSmart, električna energija, nadzor nad kakovostjo elektroenergetskega omrežja, večnivojska arhitektura, spletne aplikacije.

Abstract

In this thesis we describe an application for collecting and analyzing power quality data of electric distribution systems. The thesis is divided into three parts. We begin with a theoretical description of electric distribution networks and define power quality. We then describe the basics of quality monitoring systems and measuring devices, which are used to measure power quality in electric distribution network. The main contribution of this thesis is an implementation of MiSmart, a web platform for monitoring and analysis of power quality data. We describe the part of application named „Data monitor”, which we developed in this thesis. MiSmart platform allows faster response to problems, efficient maintenance and provides better power quality in electrical distribution networks.

Keywords: MiSmart, electrical power, power quality monitoring system, multi-tier architecture, web application.

Poglavje 1

Uvod

Naraščajoče potrebe prebivalstva po energiji zahtevajo prilagajanje elektroenergetskega omrežja. Izmenjava informacij med napravami in sistemi nadzora ali vodenja tako postaja zelo pomemben dejavnik za zagotavljanje nemotene distribucije električne energije. V pričujočem delu predstavljamo sistem Mi-Smart za nadzor kakovosti elektroenergetskega omrežja.

Elektro distribucije se danes srečujejo s problemom, kako čim hitreje predvideti in se odzivati na vedno bolj obsežne energetske sisteme. Ti zahtevajo nenehna vzdrževanja in dopolnjevanja. Električna energija se danes obravnava kot blago. Kot tako se je začelo pojavljati vprašanje o njeni kakovosti - najprej v obliki odstopanja napetosti pri odjemalcih, kasneje v obliki neprekinjene dobave električne energije. Zaradi pomembnosti te dobrine je tudi vsaka prekinitev postala zelo moteča.

V praksi je stopnja kakovosti električne energije kompromis med dobaviteljem in odjemalcem. Če kakovost električne energije ni zadovoljiva, potrebujemo meritve in nadziranje, na podlagi katerih lahko izvedemo izboljšave. Raziskave so pokazale, da stroški, nastali zaradi slabe električne energije, presežejo stroške izboljšav omrežja (Stroški izgradnje sistema za monitoring kakovosti električne napetosti v distribucijskem elektroenergetskem sistemu slovenije [1]). Z nadzorom kakovosti električne energije lahko težave odkrijemo, še preden nastanejo oziroma povzročijo škodo. Zato se elektro distribu-

terji vedno bolj pogosto odločajo za celovite programske rešitve, ki podpirajo celoten ali večji del potreb, s katerimi lažje delujejo v svojem okolju.

Cilj diplomske naloge je narediti spletno aplikacijo, ki bo podprla komunikacijo z merilnimi instrumenti in nadziranje kakovosti elektroenergetskega omrežja. Za dosego cilja smo raziskali metodologije in najbolj razširjene načrtovalne arhitekture. Izbrali smo najprimernejšo metodologijo in izdelali spletno aplikacijo, ki podpira začrtani cilj.

Širši namen tega diplomskega dela je predstavitev sistema MiSmart, s tem pa pokazati primernost novih tehnologij za razvoj takšnih spletnih aplikacij. Namen je tudi predstavitev vzorca načrtovanja s tako imenovano večnivojsko arhitekturo, ki omogoča modularnost, šibko sklopljenost in posledično lažje vzdrževanje ter prilagajanje sistema.

Poglavje 2

Distribucija električne energije

Elektroenergetski sistem Slovenije spada med najmanjše elektrosisteme v Evropi. Zanimiv je predvsem zaradi svoje geografske lege, saj leži na križišču tokov med vzhodom in zahodom, severom in jugom. Predstavlja most med izvozniki električne energije Avstrije, Švice in Francije, ter uvozniki, kot sta Italija in Hrvaška [2].

Družba SODO d.o.o. je sistemski operater distribucijskega omrežja z električno energijo. Več kot 900.000 uporabnikom distribucijskega omrežja v Sloveniji zagotavlja zanesljivo, varno in učinkovito oskrbo z električno energijo. Z ustreznim načrtovanjem razvoja omrežja, njegovo izgradnjo, vodenjem in obratovanjem ter vzdrževanjem zagotavlja dolgoročno zmogljivost omrežja, ki omogoča razumne zahteve za priključitev in dostop do omrežja ob upoštevanju standardov na področju kakovosti napetosti in oskrbe z električno energijo [3].

Po podpisu koncesijske pogodbe so bile podpisane pogodbe o najemu elektrodistribucijske infrastrukture in izvajanju storitev za sistemskega operaterja distribucijskega omrežja električne energije med družbo SODO d.o.o. ter posameznimi distribucijskimi podjetji Elektro Celje d.d., Elektro Gorenjska d.d., Elektro Ljubljana d.d., Elektro Maribor d.d., Elektro Primorska d.d. in z nekaterimi drugimi lastniki elektrotroenergetske infrastrukture [3].

Glavna naloga distribucijskih podjetij je zagotavljanje nemotenega pre-

nosa električne energije po posameznih regijah v Sloveniji, kar pomeni prevzem električne energije iz prenosnega omrežja in posredovanje energije uporabnikom.

2.1 Kakovost električne energije

Oskrba z električno energijo je danes ena najpomembnejših storitev. Odjemalec električne energije pričakuje, da je električna energija na voljo takrat, ko jo potrebuje (zanesljivost/stalnost oskrbe), in da vse naprave delujejo varno ter zadovoljivo (kakovost električne napetosti). V vsakdanjem življenju pomeni zanesljivost oskrbe čim manj prekinitev, če pa so, naj bodo čim krajše. Varno in zadovoljivo delovanje naprav je omogočeno takrat, ko se napravam dovaja kakovostna električna energija, ki je v mejah toleranc, predpisanih za napetost in frekvenco. Tudi kratkotrajne motnje, ki so naložene na osnovno obliko napetosti, lahko povzročijo nepravilno delovanje naprav [4].

Kakovosti oskrbe z električno energijo je različna in se deli na:

- komercialno kakovost, ki se ukvarja s storitvami med dobaviteljem oziroma sistemskim operaterjem in odjemalcem,
- neprekinjenost (zanesljivost) oskrbe, ki se nanaša na število in trajanje prekinitev, ki jih zazna odjemalec, ter
- kakovost napetosti, ki se nanaša na tehnične karakteristike napetosti, merljive na prevzemno-predajnem mestu odjemalca [4].

Skupni stroški slabe kakovosti električne napetosti podjetjem predstavljajo velike izgube. Stroške slabe kakovosti električne napetosti na dogodek pri posamezni dejavnosti vidimo v tabeli 2.1:

Neprekinjenost (zanesljivost) oskrbe se predpisuje za skupno število in trajanje nenapovedanih kratkotrajnih ter dolgotrajnih prekinitev v enem letu na enem prevzemno-predajnem mestu. Predpisano je tudi število napovedanih prekinitev. Uredba predvideva tudi dogovor med sistemskim operaterjem

| Dejavnost | Stroški na dogodek |
|---------------------------|--------------------|
| Industrija polprevodnikov | 3.800.000 EUR |
| Finančno trgovanje | 6.000.000 EUR/uro |
| Računalniški center | 750.000 EUR |
| Telekomunikacije | 30.000 EUR/min |
| Jeklarska industrija | 350.000 EUR |
| Steklarska industrija | 250.000 EUR |

Tabela 2.1: Stroški na dogodek pri posamezni dejavnosti [5].

omrežja in odjemalcem, ki se lahko dogovorita o drugačnem številu prekinitev [4]. Prekinitve se vrednotijo glede na vrsto, stroške, trajanje, napetostni nivo in posledice, in sicer so to:

- napovedane ali nenapovedane prekinitve,
- kratkotrajne (do treh minut) in dolgotrajne prekinitve (daljše od treh minut), določene z evropskim tehničnim standardom SIST EN 50160,
- prekinitve na različnih napetostnih nivojih; zaradi načina načrtovanja omrežja odjemalci na srednje- in nizkonapetostnem omrežju ne zaznajo vseh okvar v visokonapetostnem omrežju,
- število in trajanje prekinitev odjemalca v enem letu je CI (Customer Interruptions – prekinitve odjemalca) ali SAIFI (System Average Interruption Frequency Index - indeks povprečne frekvence prekinitev v sistemu), ki pove, kolikokrat v letu ni bilo dobave električne energije. Kumulativno letno trajanje prekinitev odjemalca je CML (Customer Minute Lost – izgubljene minute odjemalca) ali SAIDI (System Average Interruption Duration Index - indeks povprečnega trajanja prekinitev v sistemu), ki pove, koliko časa ni bilo dobave električne energije (povprečno na odjemalca).

Poglavje 3

Nadzor kakovosti električne energije (PQMS)

Sistem nadzora nad kakovostjo električne energije v električnem okolju in njeno nadziranje (angl., PQMS - Power Quality Monitoring System) ponuja celovito reševanje problema nadzora nad kakovostjo električne energije v celostnem elektroenergetskem sestavu. PQMS predstavlja globalni trend pri razvoju in modernizaciji elektroenergetskega omrežja kot celote.

3.1 Splošne značilnosti projektov PQMS

Projekti PQMS so za elektrodistribucijska podjetja ključnega pomena. Splošne značilnosti projektov PQMS lahko gledamo iz poslovnih izkušenj in tehničnih potreb, ki so potrebne pri vzpostavitvi:

- **Merjenje in nadziranje kakovosti električne energije, tako pri odjemalcih kot tudi pri proizvajalcih električne energije v omrežju.** Poleg obstoječega sistema za obračunavanje električne energije zagotavlja neodvisno merjenje stanja, v katerem je elektroenergetsko omrežje, ki v primerjavi z obračunskimi števci zagotavlja še veliko več podatkov.

- **Nadziranje normalnega obratovanja elektroenergetskega omrežja**, preko nadziranja alarmov in pregledovanja meritev v PQMS-sistemu. V začetni fazi projekta je v merilnih instrumentih treba definirati dogodke, ki predstavljajo anomalije na omrežju, tu pa se potem ob njihovem pojavljanju zbirajo v sistemu. Če alarmov ni, to predstavlja normalno stanje obratovanja elektroenergetskega sistema.
- **Analiza delovanja sistema v primeru motenj v elektroenergetskem sistemu**, ki se veže na nadziranje pojavljanja alarmnih dogodkov v sistemu. V primeru pojavljanja alarmnih dogodkov, se ti dogodki preko PQMS zaznajo in omogočajo hitro odzivanje na situacijo.
- **Nadziranje nivoja kakovosti energije v elektroenergetskem omrežju, ki so skladne z različnimi zahtevami in standardi** (npr. EN-50160), ki predpisujejo kriterije za ugotavljanje kakovosti električnega omrežja. V sistemu je možno definirati kriterije, ki jim mora elektroenergetski sistem ustrezati.
- **Možnost določitve vnaprej določenih (perforiranih) merilnih mest za nadziranje PQMS glede na potrebe uporabnika**, kar je priročno v primeru, da je merilnih mest zelo veliko, saj se znatno skrajša čas iskanja za določanje ustreznega podatka za prikaz.
- **Odprta arhitektura sistema omogoča povezljivost z drugimi zalednimi aplikacijami**, kot so ERP-sistemi, CRM-sistemi ali drugi poslovni sistemi, ki se uporabljajo v okolju naročnika.
- **Povezljivost z obstoječimi sistemi SCADA**, ki se pogosto uporabljajo v elektroenergetskem omrežju.
- **Integrabilnost z obstoječimi monitoring sistemi in merilnimi instrumenti**, ki jih naročnik že uporablja.
- **Analiza obnašanja sistema v izrednih okoliščinah**, npr. napetostni upadi, ki lahko predstavljajo veliko poslovno škodo za distributerja

električne energije. V primeru tovrstnih izpadov je ključnega pomena, da je distributer sposoben analizirati dogajanje pred izpadom in po njem ter na podlagi vseh informacij ugotoviti dejanski razlog za nastali izpad.

- **Zbiranje podatkov v relacijski podatkovni bazi SQL na stalno razpoložljivem strežniku**, v kateri se kontinuirano hranijo vsi zbrani podatki iz PQMS - meritve, alarmi in drugi relevantni podatki, ki jih pošiljajo merilni instrumenti s terena. Podatkovna baza omogoča tudi enostavno povezanost podatkov z drugimi aplikacijami.
- **Določanje napak v delovanju opreme v električnem omrežju**, kar operaterjem na terenu omogoča, da na ustreznih mestih napake odpravijo. Posledično to lahko pomeni veliko poslovno korist za elektro distributerja, saj se skrajša čas izpada.
- **Sistem kontinuiranega alarmiranja o izrednih dogodkih**, ki je odvisen od nastavitvev v merilnih instrumentih na terenu, ki po vnaprej definiranem ključu v trenutku nastanka pošiljajo alarme. Merilni instrumenti se v okviru sistema lahko nastavijo iz merilnega centra in ni potrebno poseganje na terenu. Alarmi so v napravah definirani kot prekoračitve oziroma zmanjšanja določenih merilnih veličin za vnaprej definirano vrednost.
- **Možnost kreiranja poročil o kakovosti delovanja elektroenergetskega omrežja**, ki se generirajo v sistemu na podlagi kriterijev, ki se določijo v sistemu. V sistemu je možno definirati kriterije, ki jim mora elektroenergetski sistem ustrezati, na njihovi podlagi pa se na predhodno nastavljeni časovni bazi kreirajo poročila.
- **Nadziranje porabe in učinkovitosti delovanja elektroenergetskega omrežja** - skozi uporabo PQMS postane realna možnost. Sistem nudi sprotni vpogled v delovanje sistema in s tem operaterju omogoča lažje odločanje glede nadaljnega razvoja omrežja.

- **Lažje odločanje o prioritetah investicij v elektroenergetsko omrežje na podlagi podatkov, pridobljenih skozi PQMS**, ki po določenem času uporabe jasno pokaže, kje so močne in šibke točke na omrežju. PQMS pokaže, do kolikšne mere je sistem v točkah, kjer se dogajajo novi posegi, obremenjen in operaterju jasno pokaže potencialne probleme, s katerimi se lahko sooči pri posegu.
- **Možnost nadziranja in ustvarjanja individualnega pristopa do velikih potrošnikov**, kar za elektrodistribucijsko podjetje lahko predstavlja veliko konkurenčno prednost. Na podlagi sprotnih podatkov o porabi in vplivu večjih porabnikov na elektroenergetsko omrežje se lahko ustvari še bolj trden partnerski odnos med podjetjema.

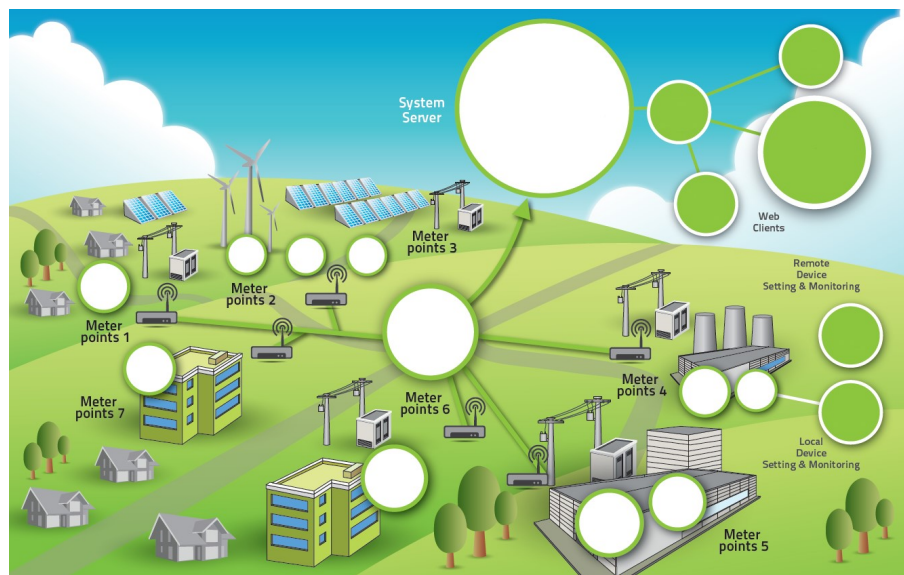
3.2 Pristopi nadziranja kakovosti elektroenergetskega omrežja

Vsem projektom na področju PQMS je skupno, da jih je treba nasloviti celovito. V okviru ugotavljanja najustreznejše rešitve pa problem vedno lahko predstavimo v obliki treh osnovnih vsebinskih sklopov:

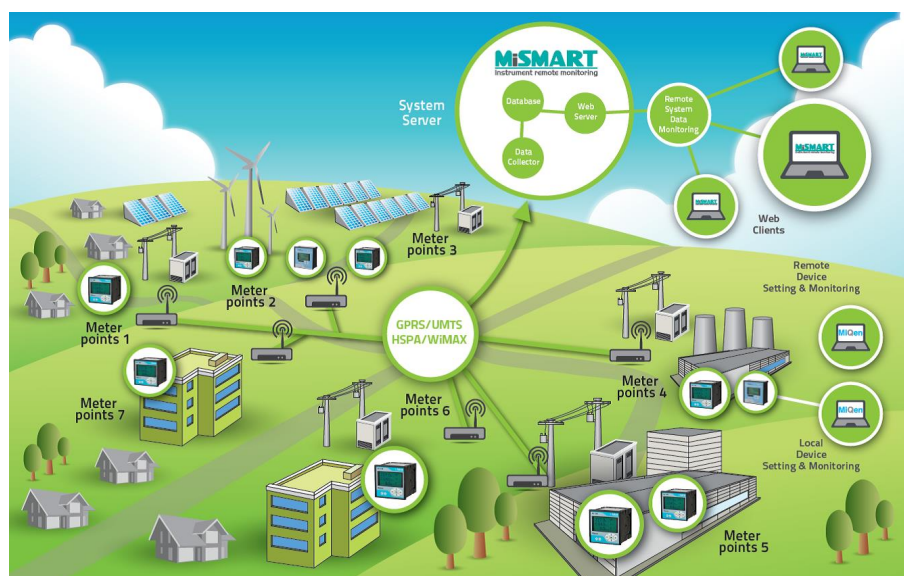
- **Merilni instrumenti** so nameščeni na merilnih mestih, kot so npr. transformatorske postaje visoka napetost/srednja napetost (VN/SN) in srednja napetost/nizka napetost (SN/NN) ali druga merilna mesta, kjer je pomembno nadziranje kakovosti energije. Njihova osnovna funkcija je ta, da merijo osnovne parametre kakovosti električnega omrežja (električna napetost (U), električni tok (I), moč (P), električni naboj (Q), faktor moči (Pf), dolgotrajni fliker (Plt), kratkotrajni fliker (Pst), faktor celotnega harmoničnega popačenja (THD)) in jih v vnaprej definiranih intervalih pošiljajo v podatkovni center preko komunikacijskega omrežja.
- **Komunikacijsko omrežje**, preko katerega se podatki stekajo na centralno mesto za PQMS. Komunikacija pri tem lahko poteka preko raz-

ličnih infrastrukturnih omrežij, odvisno od različnih faktorjev, kot sta konfiguracija terena in razpoložljivost določenega omrežja oziroma od poslovnih zahtev. Uporablja se TCP-/IP-komunikacija preko omrežij, kot so:

- LAN (lokalna mreža na objektu),
 - WiMAX (brežžična širokopasovna komunikacija za daljše razdalje),
 - GPRS, ki izkorišča omrežje GSM 2. generacije,
 - direktna optična povezava in
 - SMS, ki pri koriščenju omrežja GSM lahko predstavlja cenejšo alternativo GPRS-ju.
- **Podatkovni center** na visokorazpoložljivem strežniku s trinivojsko arhitekturo, ki vključuje:
 - zajemanje podatkov, ki jih pošiljajo merilni instrumenti (data collector modul),
 - podatkovno bazo za shranjevanje podatkov iz merilnih instrumentov (database modul) in
 - prezentacijski nivo, ki uporabnikom omogoča prikaz podatkov (web server modul).



Slika 3.1: Potreba po nadziranju kakovosti elektroenergetskega omrežja [6].



Slika 3.2: Celovita PQMS-rešitev [6].

3.3 Merilni instrumenti

V okviru projekta PQMS se glede na potrebe uporabljajo merilni instrumenti, ki morajo zadovoljiti različne potrebe na terenu. Merilne instrumente lahko uporabljamo v elektrarnah, transformatorskih postajah in pri nadzoru generatorjev. Uporabimo lahko več vrst različnih naprav, kar nam omogoča, da se lahko pri projektih celovito prilagodimo potrebam in zahtevam uporabnika.

3.3.1 Večnamenske merilne naprave

Merilni centri so instrumenti za merjenje in nadziranje električnih veličin v eno- in trifaznih električnih omrežjih. Delujejo na podlagi hitrega vzorčenja vhodnih napetosti in tokov v vseh fazah. Omogočajo nadziranje in kontrolo električnega omrežja. Uporabimo jih lahko povsod, kjer merimo električne parametre: v stikalnih omarah, pri nadziranju generatorjev, na oddaljenih lokacijah, kot so male hidroelektrarne (MHE), itd. [6].



Slika 3.3: Merilni center MC 7x0, Iskra Sistemi d.d. [6].

Merilni pretvorniki so instrumenti, namenjeni za pretvorbo električnih količin v eno- in trifaznih električnih omrežjih. Vhodno-izhodne karakteristike določimo s petimi točkami preloma za enopolne ali dvopolne izhodne signale. Uporabljamo jih povsod, kjer potrebujemo analogne signale kot vhodne signale za druge naprave. Podatke, potrebne za analizo sistema, lahko preko tega vmesnika pošljemo na osebni računalnik. Merilni pretvorniki lahko merijo eno ali več električnih veličin [6].



Slika 3.4: Merilni pretvornik MT/UMT 5x0, Iskra Sistemi d.d. [6].

3.3.2 Števci energije

Merilniki energije za montažo na letev so namenjeni za meritve energije v industriji. Posredujejo informacije o lastni porabi tovarniške opreme. So mikroprocesorsko podprti in preko vmesnikov lahko komunicirajo z računalnikom ter imajo lahko tarifne vhode [6].



Slika 3.5: Merilnik energije WS1302, Iskra Sistemi d.d. [6].



Slika 3.6: Mobox Generation 0, Iskra Sistemi d.d. [6].

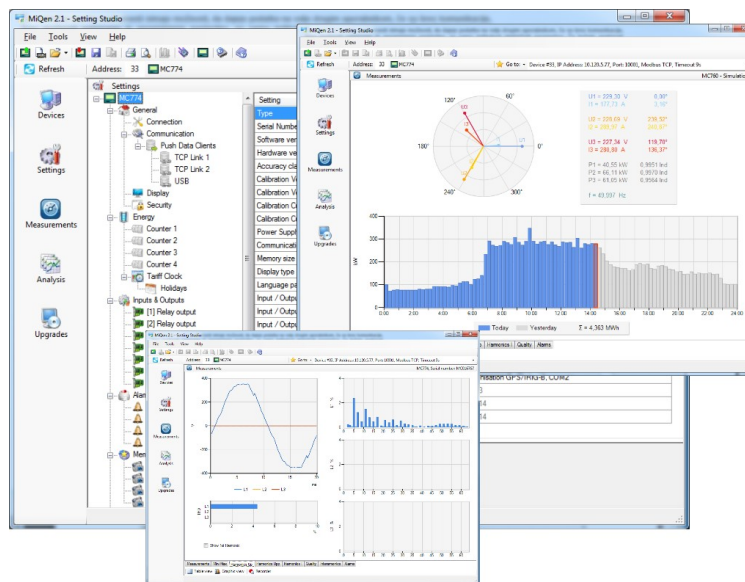
3.3.3 Širokouporabni industrijski PC

Velikokrat se pojavi potreba po splošnonamenskem PC-računalniku, ki lahko služi bodisi kot koncentrador bodisi kot celovit strežnik [6]. Navadno takšne rešitve vsebujejo:

- sistemska orodja,
- gonilniki za druge naprave,
- zbiranje podatkov iz naprav preko serijske komunikacije, USB in ethernet ter
- samostojna enota za zajem podatkov.

3.4 Programska konfiguracija instrumentov - MiQEN

Vsak merilni instrument je ob fizični namestitvi na merilno mesto treba ustrezno nastaviti. Programska oprema MiQEN, prikazana na sliki 3.7, se uporablja za nastavljanje merilnih instrumentov Iskre Sistemov. Sestavljena je iz petih sklopov: povezovanje z napravo, nastavitve naprave, meritve v realnem



Slika 3.7: MiQENSetting Studio, Iskra Sistemi d.d. [6].

času, analiza podatkov in programska nadgradnja. Nastavitve v merilnih instrumentih so:

- predstavitevna razmerja tokov in napetosti,
- izmerjeni podatki, ki naj se pošiljajo v podatkovni center,
- interval pošiljanja podatkov v podatkovni center,
- intervali povprečno odčitanih vrednosti,
- format pošiljanja podatkov v podatkovni center in
- enolično identifikacijsko ime naprave.

Naprave se lahko konfigurirajo preko izbirnih menijev na terenu, lahko pa se nastavitve izvede tudi na daljavo preko programske opreme MiQEN.

3.5 Komunikacija instrumentov s podatkovnim centrom

Merilne naprave so prirejene za enostaven neposreden priklop na obstoječo komunikacijsko strukturo, kot so:

- optični modem,
- GPRS-modem.
- kabelski modem in
- WiMAX,

3.6 Podatkovni center

Glavni namen podatkovnega centra v sklopu projektov PQMS je zbiranje in pregledovanje podatkov, prejetih od merilnih naprav. Podatkovni center uporablja podatkovno bazo za shranjevanje podatkov iz priklopljenih merilnih naprav. Uporabniški vmesnik omogoča prikaz podatkov uporabniku. Več o podatkovnih centrih navajamo v naslednjem poglavju, kjer opišemo podatkovni center MiSmart, ki smo ga razvili v podjetju Iskra Sistemi d.d.

Poglavje 4

Platforma MiSmart

MiSMART je programska platforma, skupina med seboj povezanih aplikacij in tehnologij, ki so v osnovi namenjene:

- centraliziranemu avtomatiziranemu zbiranju in shranjevanju podatkov iz različnih merilnih instrumentov,
- posredovanju zajetih podatkov in informacij uporabniku ter
- posredovanju zajetih podatkov drugim sistemom, in sicer

s ciljem nadzirati kakovost električne energije (PQMS) in stanja koncentradorjev za merjenje porabe na merilnih napravah s pulznimi izhodi (poraba plina, vode ali drugih energentov). MiSmart je v prvi vrsti namenjen podjetjem iz elektrodistribucijske panoge.

Sistem omogoča zbiranje in pregledovanje odčitkov ter komunikacijo z merilnih naprav, ki jih proizvaja podjetje Iskra Sistemi d.d., ima pa tudi možnost podpore naprav drugih proizvajalcev.

4.1 Princip delovanja MiSmart

Merilne naprave (MC, C2, X4) samodejno pošiljajo podatke glede na konfiguriran režim delovanja. Platforma MiSMART zagotavlja komponente, ki

poskrbijo, da se ti podatki zanesljivo shranijo v podatkovno bazo, kjer so na voljo uporabniškim orodjem. MiSMART zagotavlja orodja za nadzor (Monitoring) in tudi za osnovno vizualizacijo preko spletnega uporabniškega vmesnika MiSMART.

4.2 Osnovne funkcionalnosti

Osnovne funkcionalnosti platforme MiSmart sestavljajo:

- Modularna integracija merilnih naprav.
- Hierarhična organizacija priključenih naprav – drevesna struktura, ki vključuje grupe in merilna mesta.
- Spletni uporabniški vmesnik – podpira vse vrste spletnih brskalnikov.
- Trinivojska arhitektura uporabnikov (admin, super user, user).
- Skupine uporabnikov, skupna raba prikazov podatkov.
- Periodični zajem meritev in poročil EN50160.
- Zajem alarmov v realnem času.
- Samodejni prenos podatkov iz naprav do strežnika po sistemu *push*.
- Branje trenutnih vrednosti naprav na zahtevo strežnika po sistemu *poll*.
- Podprte naprave:
 - Iskra - MC7xx in MT5xx (s pomnilnikom).
 - Iskra - X4 (X4-G, X4-W).
 - Iskra - C2/C100, C200.
 - Možnost podpore naprav drugih proizvajalcev.
- Oodprti protokoli do naprav:

- TCP/IP - xml.
 - TCP/IP – C100.
 - SMS (MDDS).
- Hranjenje podatkov v relacijski bazi MS SQL.
- Lastna časovna sinhronizacija naprav (kjer naprava to omogoča).
- Izvoz podatkov v formatih Excel, Word, PDF.
- Podpora za PQDIF- in COMTRADE-izvoz podatkov.
- Uvoz historičnih podatkov iz pomnilnika v napravah preko konfigura-
cijske programske opreme MiQEN.
- Uvoz PQDIF- in COMTRADE-datotek v sistem.
- Dostop do podatkov o meritvah in alarmih iz naprav:
 - grafični in tabelarični prikaz.
- Nastavljiv nivo pravic dostopanja (uporabniške skupine/uporabniki).
- OPC-strežnik.
- Integracija v različne SCADA-sisteme preko OPC-strežnika.
- Platforma temelji na sodobnih Microsoftovih strežniških in spletnih
tehnologijah (MS Windows, .NET, IIS, MSMQ)
- Baza podatkov SQL (MS SQL, opcijsko MySQL).

4.3 Arhitektura

Z modularnostjo želimo doseči šibko sklopljenost sistemov, kar označuje nivo odvisnosti posameznih komponent. Implementacija temelji na storitveno orientirani arhitekturi (SOA). Trenutno so podprte naprave, ki so sposobne

samodejno oddajati podatke na način, lasten napravi (podatkovni in aplikacijski protokoli) in v skladu z nastavitvami naprave.

Za platformo MiSmart smo uporabili večnivojsko arhitekturo. Prikazana je na sliki 4.1. Večnivojske spletne aplikacije so v večini primerov zgrajene iz treh nivojev [11], to so:

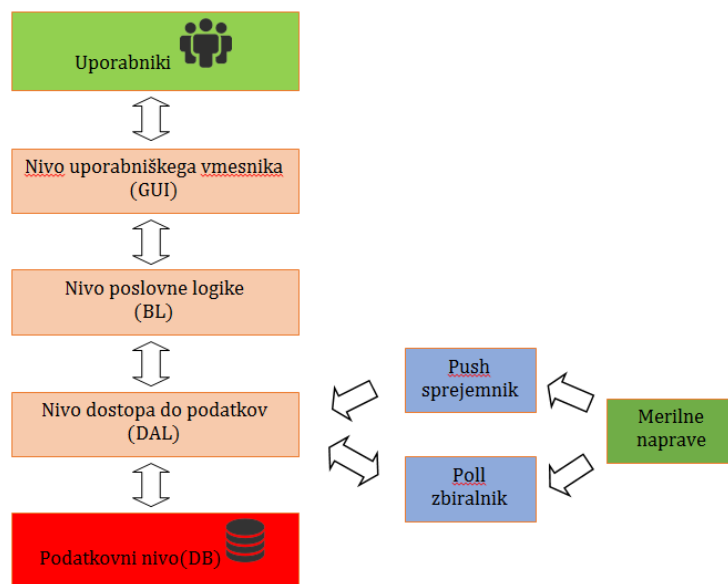
- spletni strežnik (angl., Front-end),
- srednji nivo, poslovna logika in
- podatkovni nivo (angl., Back-end).

Glavni namen večnivojske arhitekture je, da se določeni deli združijo v medsebojne neodvisne knjižnice kode. S tem dobimo nivoje, od katerih vsak opravlja svojo funkcijo. Z neodvisnostjo modulov dobimo lažje vzdrževanje, večjo možnost sprememb, boljšo skalabilnost, lažji nadzor pri delu v večjih kolektivih, boljšo integriteto podatkov in boljšo varnost podatkov. Dosežemo lahko, da se vsak nivo izvaja na ločeni platformi in ločeni strojni opremi.

Vsaka od naprav oddaja podatke:

- preko protokola TCP/IP - v predpisani obliki (xml) neposredno sprejemnemu spletnemu servisu, zadolženemu za sprejem podatkov te naprave,
- protokol/data konvertorju (npr. SMS, IP), ki podatke iz določenih tipov naprav preoblikuje v predpisano obliko za sprejemni spletni servis.

SOA - storitveno (servisno) orientirana arhitektura. Gre za povezavo neodvisnih sistemov, ki med seboj komunicirajo po dogovorjenih pravilih. Sistemi opravljajo svoje naloge, med seboj pa komunicirajo z izmenjavo sporočil. Vse spletne storitve so sporočilno orientirane. To pomeni, da znajo obdelovati točno definirana sporočila. Definicije teh sporočil in metode, ki jih spletni servis pozna, določajo vmesniki. Vsaka aplikacija, ki uporablja določen spletni servis, mora za uspešno komunikacijo zadostiti zahtevam tega vmesnika [10].



Slika 4.1: Večnivojska arhitektura sistema MiSmart.

4.3.1 Sprejemnik *push*

Merilna naprava pri oddaji podatkovnega paketa (angl. push interval) vzpostavi sejo TCP s sistemom MiSmart, bolj podrobno sprejemnikom *push*. Sprejemnik prejete podatke preveri in jih shrani v podatkovno bazo. Po prejemu potrditve o uspešni shranitvi pošlje potrditev instrumentu. Sprejemnik *push* deluje na način strežnik-odjemalec.

4.3.2 Zbiralnik *poll*

Poll zbiralnik, ki je del sistema MiSmart, vzpostavi TPC- ali serijsko sejo z merilno napravo. Zbiralnik *poll* merilni napravi pošlje zahtevo po prejemu zelenih podatkov. Merilna naprava pošlje podatke, ki jih je zahteval zbiralnik *poll*. Zbiralnik prejete podatke preveri in jih shrani v podatkovno bazo. Zbiralnik *poll* deluje na način odjemalec-strežnik.

4.3.3 Podatkovni nivo

Podatkovni nivo skrbi za hranjenje podatkov celotnega sistema. Za centralno hranjenje podatkov uporabljamo relacijsko podatkovno bazo. Podatkovna baza je jedro platforme in odraža celoten koncept organizacije sistema.

V sistemu MiSmart uporabljamo podatkovno bazo MS SQL Server 2012 (relacijski podatkovni model).

4.3.4 Nivo dostopa do podatkov

Nivo dostopa do podatkov (angl., Data Access Layer, DAL) je programski vmesnik, ki uporabniku (ali višjemu nivoju) omogoči dostop do podatkov. Podatki so navadno shranjeni v relacijski podatkovni bazi.

V sistemu MiSmart smo za lažje rokovanje dostopa uporabili ADO.NET Entity Framework 6.0. Entity Framework omogoča lažji dostop do podatkov s pomočjo konceptualnega programiranja, in sicer namesto programiranja neposredno z relacijsko podatkovno bazo.

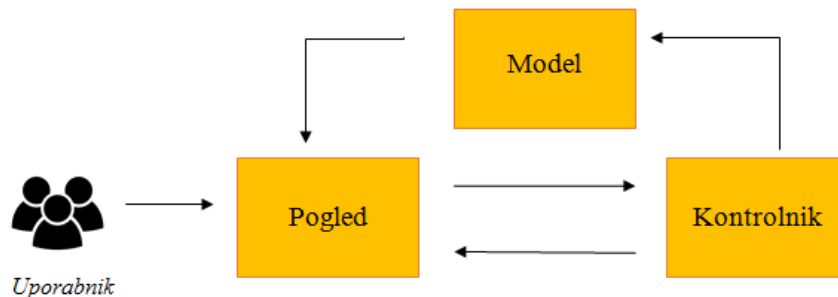
4.3.5 Nivo poslovne logike

Nivo poslovne logike (angl. Business Logic, BL) uporabljamo za ločevanje aplikacijske in poslovne logike od prikaza. Osnovni nalogi poslovne logike sta priprava in obdelava podatkov za višji nivo (za nivo uporabniškega vmesnika).

4.3.6 Nivo uporabniškega vmesnika

Pri razvoju sistema MiSmart smo uporabili arhitekturni model Model-View-Controller oziroma MVC. Kot je razvidno s slike 4.2, je ta sestavljen iz treh glavnih komponent, to so:

- model (angl. Model),
- pogled (angl. View) in
- krmilnik (angl. Controller).



Slika 4.2: Prikaz MVC-arhitekture [7].

MVC je razdeljen na posamezne komponente, kjer vsaka komponenta izvaja specifične procese in akcije. Ločenost komponent omogoča večjo prilagodljivost pri razvoju aplikacij, hkrati pa pohitri izvajanje programske kode. Arhitektura MVC omogoča tudi enostavnejše vzdrževanje kode. Koda je bolj pregledna in posamezne naloge se lahko delijo na več razvijalcev programske opreme. Tako imamo lahko skupine razvijalcev, ki so specializirani za posamezne funkcionalnosti aplikacije. Vsaka skupina razvijalcev se ukvarja s svojo komponento in se tako ne prepleta z drugimi, kar mogoča večjo konsistentnost kode in manjše število napak. S tem dosežemo, da razvijalci posameznih komponent (modela, pogleda, krmilnika) razvijajo določene dele kode na svoj način in neodvisno od ostalih komponent modela MVC [8].

4.4 Grafični uporabniški vmesnik

Grafični uporabniški vmesnik nam omogoča interakcijo s platformo MiSmart. Vmesnik GUI platforme MiSmart smo implementirali v obliki spletne aplikacije. Sestavljen je iz dveh ločenih aplikacij:

- **MiSmart Pregledovalnik podatkov** je orodje za nadziranje in obdelavo podatkov, ki jih pošiljajo merilne naprave, priklopljene v omrežje. Ta del je namenjen vsem uporabnikom sistema in je sestavljen iz vsebinskih modulov, to so:

- Pregledovanje meritev in njihovo prikazovanje po merilnih mestih v grafični ter tabelarični obliki.
 - Pregledovanje alarmov, ki omogočajo prikazovanje alarmov iz merilnih mest v tabelarični obliki.
 - Pregledovanje kakovosti, ki omogoča prikazovanje kakovosti iz meritev merilnih mest v grafični in tabelarični obliki.
 - Analiza statistike sistema tako nad meritvami kot nad alarmi.
- **MiSmart Nastavitvena orodja** je orodje za nastavitve v sistemu MiSmart, ki je v osnovi namenjeno predvsem administratorjem sistema. Sestavljeno je iz vsebinskih modulov, to so:
 - Merilna mesta, ki omogočajo kreiranje organizacijske strukture oziroma drevesne topologije naprav, vključujejo različne grupe (vozlišča), in merilna mesta, na katera so priključeni merilni instrumenti. V tem modulu je možno izvajati funkcionalnosti, kot so nameščanje in konfiguracija naprav na merilna mesta, nadziranje osnovne diagnostike delovanja naprav, nadziranje zgodovine sprememb na merilnih mestih in osnovno pregledovanje podatkov (meritev in alarmov), ki jih pošiljajo naprave na določenih merilnih mestih skupaj z osnovno statistiko.
 - Tipi meritev, ki omogočajo enostavno grupiranje merilnih veličin, ki jih pošiljajo naprave v sistem. Poleg tega omogočajo tudi opisno označevanje merilnih veličin, določitev merilnih enot, tip grafa za izris in morebitne operacije nad pridobljenimi podatki.
 - Uporabniško orodje nam omogoča upravljanje z uporabniki sistema. Uporabnike lahko popravljamo, dodajamo in brišemo. Poleg tega lahko uporabnikom dodajmo pravice, ki jih ti imajo nad sistemov. Pravice lahko dajemo v skupine, kar nam izboljša nadzor in preglednost nad uporabniškimi pravicami.

4.4.1 Prijava v sistem

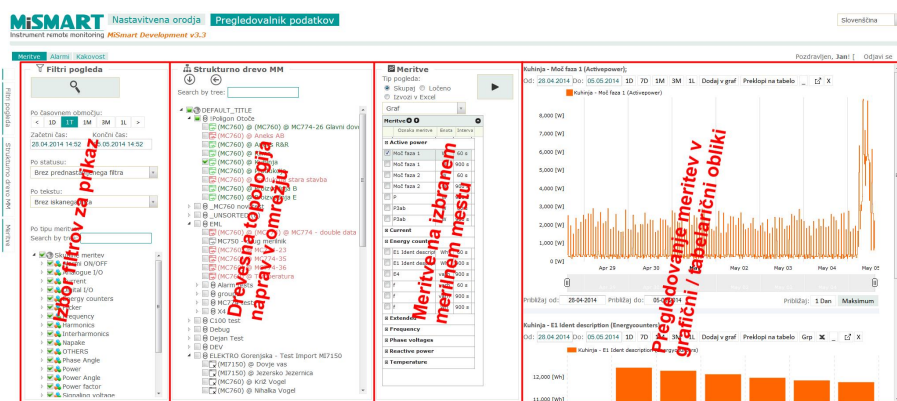
Dostop do aplikacije je možen preko spletnih brskalnikov Internet Explorer, Mozilla Firefox, Chrome, Safari in Opera. Pri odprtju ustreznega spletnega brskalnika in vnosu url-domene se je treba prijaviti z uporabniškim imenom in geslom. Za lažje upravljanje z identifikacijo uporabnikov uporabljamo Microsoftov Membership framework.

4.4.2 MiSmart Pregledovalnik podatkov

Aplikacija MiSmart Pregledovalnik podatkov omogoča pregledovanje podatkov, ki jih pošiljajo merilne naprave, priklopljene v omrežje. Sestavljena je iz naslednjih vsebinskih modulov:

- Pregledovanje meritev.
- Pregledovanje alarmov.
- Pregledovanje kakovosti.

Kot je razvidno na sliki 4.3, na zgornjem delu ekrana lahko izbiramo vsebinske module.

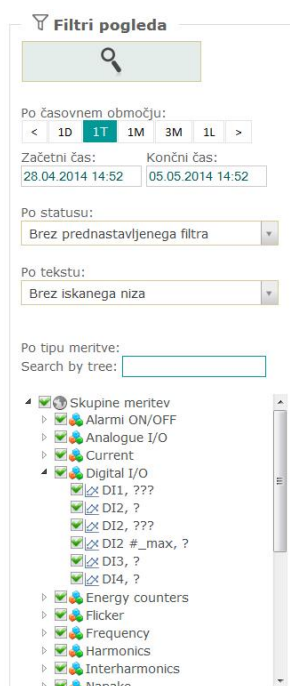


Slika 4.3: Vsebinski modul Pregledovalnik podatkov.

4.4.2.1 Filter

Pred prikazom meritev na pregledovalniku je treba ustrezno definirati filter, ki je prikazan na sliki 4.4. Ta nam omogoča boljšo preglednost nad topologijo omrežja in točnim izborom meritev.

Je na levem delu zaslona. V njem imamo možnost izbire časovnega obdobja, izbiro po statusu merilne naprave (meritve zamujajo, ali so prisotni alarmi, brez podatkovnega vira, ali je naprava pripeta, nima komunikacije in ima komunikacijo) in po imenu merilnega mesta. Spodnji del filtra je namenjen za določevanje veličin, ki se bodo izrisovale na grafu ali tabeli. S potrditvijo filtra z ustrezno izbranimi nastavitvami se nam drevesna topologija naprav v omrežju osveži.

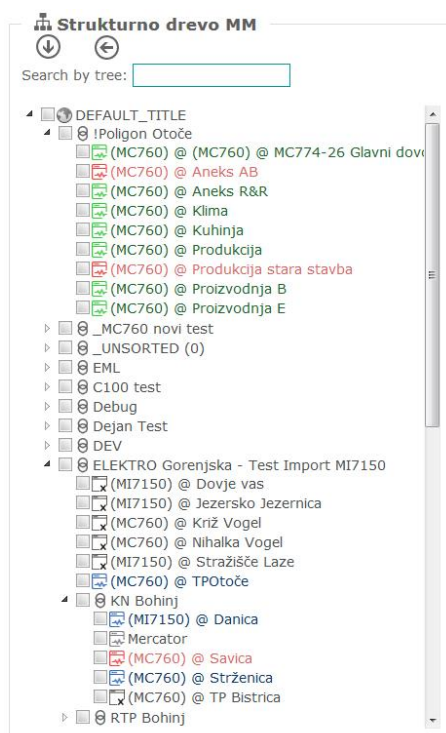


Slika 4.4: Filter za izbor prikaza merilnih veličin.

4.4.2.2 Vozlišča

Topološko drevo, ki ga lahko vidimo na sliki 4.5, v delu vozlišča podaja razporeditev omrežja, kot je to konfigurirano v sistemu. V drevesu poznamo dve vrsti elementov:

- Skupine, ki jih predstavlja logično vozlišče, nanj ni pripeta nobena naprava. V sistemu se lahko konfigurira poljubno mnogo skupin s poljubnim številom hierarhičnih nivojev.
- Merilno mesto, na katerega se veže določen nabor meritev. Na merilno mesto se veže merilna naprava, ni pa to nujno. Na eno merilno mesto je lahko pripeta največ ena naprava.



Slika 4.5: Topološko drevo naprav v omrežju.

4.4.2.3 Meritve

Uporabnik lahko izbere določeno merilno mesto in tudi različne tipe pogledov (slika 4.6):

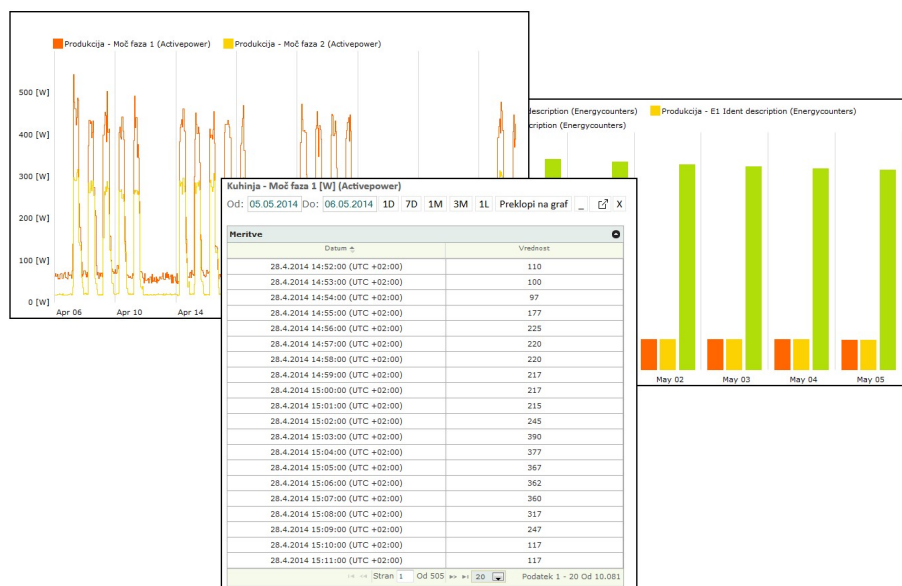
- grafičnega,
- tabelarničnega,
- izvoz podatkov v formatu za Microsoft Excel in
- izvoz v datoteko Pqdif.

Pqdif je binarni format datotek, določen po standardu IEEE Std 1159.3-2003. Uporablja se za izmenjavo meritev (napetost, tok, moč) med različnimi aplikacijami [9].

Za izbrano merilno mesto lahko uporabnik pregleduje vse historične podatke o meritvah na izbranem merilnem mestu (slika 4.7). Razvidni so vrsta meritve, enota, interval prihoda podatkov in datum zadnjega podatka.

| Oznaka meritve | Enota | Interva |
|-------------------------------------|-------|---------|
| Active power | | |
| <input type="checkbox"/> Moč faza 1 | W | 60 s |
| <input type="checkbox"/> Moč faza 1 | W | 900 s |
| <input type="checkbox"/> Moč faza 2 | W | 60 s |
| <input type="checkbox"/> Moč faza 2 | W | 900 s |
| <input type="checkbox"/> P | W | 900 s |
| <input type="checkbox"/> P3ab | W | 60 s |
| <input type="checkbox"/> P3ab | W | 900 s |
| Current | | |
| Energy counters | | |
| Extended | | |
| Frequency | | |
| Phase voltages | | |
| Reactive power | | |
| Temperature | | |

Slika 4.6: Pregled meritev po skupinah za določeno merilno mesto.



Slika 4.7: Tabelarni in grafični prikaz podatkov.

Uporabnik lahko izbira med naprednimi statističnimi opcijami (slika 4.8):

- Histogram ali stolpčni diagram je vrsta grafikona, ki se uporablja v statistiki za prikaz frekvenčne porazdelitve določene statistične spremenljivke.
- Percentil se uporablja za prikaz frekvenčne distribucije vzorcev na določenem naboru podatkov.
- Fazna nesimetrija obremenitve nam pove, koliko so vse tri faze med seboj usklajene po obremenitvi.
- Konična moč je izračunana na podlagi maksimalne vrednosti celotne delovne moči, preračunane na 15-minutne intervale v izbranem časovnem obdobju.



Slika 4.8: Prikazi statističnih opcij (histogram, percentil, konična moč, fazna simetrija).

4.4.2.4 Alarmi

V drugem zavihku je mogoče pogledati alarme merilnih naprav, do katerih pridemo na podoben način kot do Meritev. Pri izbiri merilnega mesta v drevesni strukturi lahko pri alarmih izberemo več merilnih mest, ki bodo upoštevani pri samem izpisu.

Imamo tri vrste prikaza alarmov, to so:

- pregledovanje alarmov v tabelarični obliki,
- pregledovanje statistike alarmov v sistemu in
- kronološka tabela alarmov.

Pregledovanje alarmov v tabelarični obliki nam prikazuje tako načrtovane oziroma pričakovane kot tudi nenačrtovane alarme. Pregledovanje statistike alarmov v sistemu nam grafično prikaže število alarmov na merilni napravi in število tipa alarmov, kot je prikazano na sliki 4.9.

Kronološka tabela alarmov nam omogoča tabelarični pregled alarmov v kronološkem poteku.



Slika 4.9: Statistika alarmov v sistemu.

4.4.2.5 Kakovost

V tretjem zavihku imamo možnost izpisa kakovosti omrežja, kot je razvidno s slike 4.10. Topološko drevo v delu vozlišča podaja razporeditev omrežja, kot je to konfigurirano v sistemu samo za vsa merilna mesta s priklopljenimi analizatorji kakovosti (npr., merilni center MC760, ki je namenjen za meritve, analizo in nadzor enofaznega ali trifaznega elektroenergetskega omrežja). Na izbiro imamo dve možnosti:

- kakovost omrežja po EN50160, pogled po merilnih mestih, in
- kakovost omrežja po EN50160, pogled kot agregirana tabela.

Kakovost omrežja - (v EN50160 formatu)

Izvoz v Excel

Pregled kakovosti celotnega sistema po merilnih mestih

Izvoz v Excel

| Merilno mesto | Tedni pod nadzorom | Variacije napetosti | Harmoniki | Filskopi | Neravnostje napetosti | Signalne napetosti | Variacije frekvence | Porasti napetosti | Upadi napetosti | Število vseh skladnih tednov | Število vseh neskladnih tednov |
|---------------|--------------------|---------------------|-----------|----------|-----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|-----------------|------------------------------|--------------------------------|
| Kuhinja | 4 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 148 | 0 | 4 |
| Vsota | 4 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 148 | 0 | 4 |

Indeksi stanja stalnega monitoringa

| Indeks stanja harm. nap. | Indeks stanja kakovosti nap. | Indeks stanja velikosti napaj. nap. | Indeks stanja širine |
|--------------------------|------------------------------|-------------------------------------|----------------------|
| 100 | 0 | 100 | 0 |

Poročilo za izbrano časovno obdobje za merilno mesto: (Kuhinja)

Izvoz v Excel

| Priloge poročila | Konec poročila | Skladnost | Status | Trajanje |
|------------------|----------------|-----------|-----------|-------------------------------------------|
| 6.4.2014 | 13.4.2014 | 1 | Zaključen | Čas spremljanja: 7dni 0ur 0minut 0 sekund |
| 13.4.2014 | 20.4.2014 | 1 | Zaključen | Čas spremljanja: 7dni 0ur 0minut 0 sekund |
| 20.4.2014 | 27.4.2014 | 1 | Zaključen | Čas spremljanja: 7dni 0ur 0minut 0 sekund |
| 27.4.2014 | 4.5.2014 | 1 | Zaključen | Čas spremljanja: 7dni 0ur 0minut 0 sekund |

Podatek 1 - 4 Od 4

EN50160 poročilo za izbrano merilno mesto (Kuhinja)

Izvoz v Excel

| Parametar | Skladnost | L1 | L2 | L3 | Važnost | Zahtevana kakovost | Limit | Podrobnosti |
|-----------------|-----------|----------|----------|----------|---------|--------------------|-----------|----------------|
| Frekv. var.1 | ✓ | 100,00 % | - | - | | 99,50 % / Teden | ±1% | Ni podrobnosti |
| Frekv. var.2 | ✓ | 100,00 % | - | - | | 100,00 % / Teden | +4%/-6% | Ni podrobnosti |
| Nap. var.1 | ✓ | 100,00 % | 100,00 % | 100,00 % | | 95,00 % / Teden | ±10% | Ni podrobnosti |
| Nap. var.2 | ✓ | 100,00 % | 100,00 % | 100,00 % | | 100,00 % / Teden | +10%/-15% | Ni podrobnosti |
| Neravn. nap. | ✓ | 100,00 % | % | % | | 95,00 % / Teden | ±2% | Ni podrobnosti |
| Hitre nap. spr. | ✓ | 0 | 0 | 0 | | 20 / Teden | 5 | Ni podrobnosti |
| Fliker - pst | ✓ | 74,11 % | 74,40 % | 72,52 % | | Samo info | ±1% | Podrobnosti |
| Fliker - pft | 1 | 67,86 % | 71,43 % | 58,33 % | | 95,00 % / Teden | ±1% | Podrobnosti |
| Upadi nap. | ✓ | 0 / 45 | 0 / 43 | 0 / 49 | | 50 / Leto | 90 | Ni podrobnosti |
| Porast nap. | ✓ | 0 / 0 | 0 / 0 | 0 / 0 | | 50 / Leto | 110 | Ni podrobnosti |
| Kratke prek. | ✓ | 0 / 16 | 0 / 16 | 0 / 16 | | 100 / Leto | 5% | Ni podrobnosti |
| Dolge prek. | ✓ | 0 / 5 | 0 / 5 | 0 / 5 | | 10 / Leto | 5% | Ni podrobnosti |
| THD | ✓ | 100,00 % | 100,00 % | 100,00 % | | 95,00 % / Teden | ±8% | Ni podrobnosti |
| Harmoniki | ✓ | 100,00 % | 100,00 % | 100,00 % | | 95,00 % / Teden | | Ni podrobnosti |

Podrobnosti - seznam anomalij (Kuhinja : Fliker - pst)

Izvoz v Excel

| Začetni čas anomalije | Končni čas anomalije | Trajanje [min.s.ms] | Faza | Average [-] |
|------------------------------------|------------------------------------|---------------------|------|-------------|
| 6.4.2014 12:00:00.000 (UTC +02:00) | 6.4.2014 12:30:00.000 (UTC +02:00) | 0:30:00 | 1 | 1.59 |
| 6.4.2014 12:00:00.000 (UTC +02:00) | 6.4.2014 12:30:00.000 (UTC +02:00) | 0:30:00 | 2 | 1.63 |
| 6.4.2014 12:00:00.000 (UTC +02:00) | 6.4.2014 12:30:00.000 (UTC +02:00) | 0:30:00 | 3 | 1.54 |
| 6.4.2014 12:50:00.000 (UTC +02:00) | 6.4.2014 1:10:00.000 (UTC +02:00) | 0:20:00 | 1 | 1.6 |
| 6.4.2014 12:50:00.000 (UTC +02:00) | 6.4.2014 1:10:00.000 (UTC +02:00) | 0:20:00 | 2 | 1.61 |
| 6.4.2014 12:50:00.000 (UTC +02:00) | 6.4.2014 1:10:00.000 (UTC +02:00) | 0:20:00 | 3 | 1.46 |
| 6.4.2014 1:30:00.000 (UTC +02:00) | 6.4.2014 1:40:00.000 (UTC +02:00) | 0:10:00 | 2 | 1.61 |
| 6.4.2014 1:30:00.000 (UTC +02:00) | 6.4.2014 1:40:00.000 (UTC +02:00) | 0:10:00 | 3 | 1.73 |
| 6.4.2014 1:30:00.000 (UTC +02:00) | 6.4.2014 2:00:00.000 (UTC +02:00) | 0:30:00 | 1 | 1.37 |
| 6.4.2014 1:50:00.000 (UTC +02:00) | 6.4.2014 2:00:00.000 (UTC +02:00) | 0:10:00 | 2 | 1.46 |
| 6.4.2014 1:50:00.000 (UTC +02:00) | 6.4.2014 2:00:00.000 (UTC +02:00) | 0:10:00 | 3 | 1.47 |
| 6.4.2014 2:20:00.000 (UTC +02:00) | 6.4.2014 2:30:00.000 (UTC +02:00) | 0:10:00 | 3 | 1.58 |
| 6.4.2014 2:20:00.000 (UTC +02:00) | 6.4.2014 2:40:00.000 (UTC +02:00) | 0:20:00 | 1 | 1.31 |
| 6.4.2014 2:20:00.000 (UTC +02:00) | 6.4.2014 2:40:00.000 (UTC +02:00) | 0:20:00 | 2 | 1.35 |
| 6.4.2014 2:50:00.000 (UTC +02:00) | 6.4.2014 3:30:00.000 (UTC +02:00) | 0:40:00 | 1 | 1.6 |

Slika 4.10: Poročilo kakovosti omrežja enega merilnega mesta.

4.4.3 MiSmart Nastavitvena orodja

Aplikacija MiSmart Nastavitvena orodja je aplikacija, namenjena administratorjem sistema za nastavitve platforme MiSmart. Sestavljena je iz vsebinskih modulov:

- Merilna mesta.
- Tipi meritev.
- Uporabniško orodje.

4.4.3.1 Merilna mesta

To je orodje, ki je namenjeno kreiranju, urejanju in upravljanju z merilnimi mesti. V aplikaciji Merilna mesta gradimo drevesno strukturo, katero uporabljamo tudi v aplikaciji Pregledovalnik podatkov. V vsaki skupini lahko naredimo neomejeno število nivojev podskupin, doda se jim merilna mesta, na katera so pripeti merilniki. Samo kreiranje in urejanje skupin je narejeno s kontekst menijem v samem drevesu, kar nam močno olajša delo.

Vsako merilno mesto ima svoj status. Status merilnega mesta nam pove, kaj se z njim dogaja oziroma kaj se dogaja s pripeto napravo. Indikacija statusa se kaže že z barvo ikone merilnega mesta v drevesni strukturi, podrobnejše informacije in analiza stanja pa so na voljo v centralnem delu programskega okna, ko je izbrano določeno merilno mesto. Statusi so lahko:

- Na merilnem mestu ni pripete naprave.
- Naprava je pripeta in deluje.
- Naprava je pripeta in ima zgodovino alarmov v zadnjih 24 urah.
- Naprava zamuja z oddajanjem podatkov.
- Na merilnem mestu je pripeta naprava in še ni nobenih prejetih podatkov.

Dodajanje merilne naprave merilnemu mestu

Merilne naprave se v sistem javljajo in vključujejo samodejno. Ko pride prvi podatkovni paket, sistem napravo registrira, vendar ji ne dodeli merilnega mesta. Naprava tako ostane neaktivna, strežnik pa zavrača njene pakete, dokler je uporabnik ne pripne oz. pripiše na zeleno merilno mesto.

Dodajanje merilne naprave na merilno mesto poteka v dveh korakih. V prvem napravo pripnemo na merilno mesto, v drugem dovolimo pošiljanje podatkov. Če na merilnem mestu ni pripete nobene naprave, dobimo opozorilo. Merilnemu mestu dodamo napravo tako, da jo izberemo s seznama naprav in potrdimo dodajanje. Ko je naprava pripeta, ji je treba dovoliti pošiljanje podatkov. To pomeni, da bo strežnik ob naslednjem sprejetem paketu, ki prihajajo iz naprave, tega pripisal izbranemu merilnemu mestu. Temu merilnemu mestu bodo pripisani vsi paketi, ki jih strežnik sprejme iz naprave do obdobja njene deaktivacije.

Nastavljanje planiranih in neplaniranih alarmov

V tabeli 'Zadnji alarmi', ki je v aplikaciji Nastavitvena orodja, je možno nastaviti tudi, ali je določen alarm načrtovan ali ne, kot je razvidno s slike 4.11. To je pomembno pri statistiki, kjer v primeru, da označimo določen alarm kot planiran, tega izključimo iz statistične množice. Privzeto so vsi alarmi neplanirani, to se lahko spremeni na uporabnikovo željo.

| Alarmi v časovni periodi, za izbrana merilna mesta | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------|---------|----------|-----------------|------------|------------|
| Označevanje alarmov: Neplaniran Izberi opis alarma Označi alarm Urejanje opisov | | | | | | | | | |
| | Merilno mesto | Časovna značka začetka | Časovna značka konca | Trajanje | Meritev | Pogoj | Vrednost pogoja | Funkcija | Planiran |
| 1 | (MC760) @ MC774-26 GI | 17.2.2014 11:59:30 (UTC +01:00) | 17.2.2014 12:21:42 (UTC +01:00) | 0:22:12 | U3 avg | 184 Volt | 184 Volt | Planiran | Planiran |
| 2 | (MC760) @ MC774-26 GI | 17.2.2014 11:59:30 (UTC +01:00) | 17.2.2014 12:21:42 (UTC +01:00) | 0:22:12 | U2 avg | 184 Volt | 184 Volt | Neplaniran | Neplaniran |
| 3 | (MC760) @ MC774-26 GI | 17.2.2014 11:59:30 (UTC +01:00) | 17.2.2014 12:21:42 (UTC +01:00) | 0:22:12 | U1 avg | 184 Volt | 184 Volt | Neplaniran | Neplaniran |
| 4 | (MC760) @ MC774-26 GI | 17.2.2014 11:57:02 (UTC +01:00) | 17.2.2014 12:21:42 (UTC +01:00) | 0:24:40 | U3 avg | 203 Volt | 203 Volt | Neplaniran | Neplaniran |
| 5 | (MC760) @ MC774-26 GI | 17.2.2014 11:57:02 (UTC +01:00) | 17.2.2014 12:21:42 (UTC +01:00) | 0:24:40 | U2 avg | 203 Volt | 203 Volt | Neplaniran | Neplaniran |
| 6 | (MC760) @ MC774-26 GI | 17.2.2014 11:57:02 (UTC +01:00) | 17.2.2014 12:21:42 (UTC +01:00) | 0:24:40 | U1 avg | 203 Volt | 203 Volt | Neplaniran | Neplaniran |
| 7 | (MC760) @ MC774-26 GI | 17.2.2014 11:57:02 (UTC +01:00) | 17.2.2014 11:59:29 (UTC +01:00) | 0:02:27 | U3 avg | 184 Volt | 184 Volt | Neplaniran | Neplaniran |

Slika 4.11: Nastavljanje planiranih ali neplaniranih alarmov.

4.4.3.2 Tipi meritev

Slika 4.12 prikazuje orodje, ki je namenjeno urejanju prikaza merilnih veličin v platformi MiSmart. S samo strukturo merjenih veličin, ki jih uporabnik lahko poljubno povezuje v skupine, si olajša iskanje in filtriranje po določeni merilni veličini v pregledovalniku MiSmart Pregledovalnik podatkov.

Vsaka merilna veličina, ki se pojavi v sistemu, ima svoje lastno identifikacijsko ime in enoto. Ker imena, ki jih dodeljujejo merilni instrumenti, niso najbolj pregledna, lahko nastavimo svoje ime in opis enote.

Za posamično veličino nastavimo tudi tip grafa (linearni, stolpični graf) ali graf za prikaz faktorja moči 'Power Factor'. Za določene veličine je primerna oblika prikaza grafa porabe (angl., Consumption), ki predstavlja razliko med novo vrednostjo in zadnjo poslano vrednostjo, tako prikazuje le diferencial med sosednjimi vrednostmi.

Slika 4.12: Tipi meritev, urejanje podrobnosti za posamično merjeno veličino.

Poglavje 5

Sklepne ugotovitve

Dostopnost in razširjenost spletne platforme je pomemben faktor, ki določa uspešnost projekta. Področje spletni platform se zelo hitro razvija in spreminja. Tako smo med izvajanjem projekta opazili drastične spremembe v tehnologiji.

Na začetku razvoja smo uporabniška vmesnika aplikacije Pregledovalnik podatkov in Nastavitvena orodja razvijali v različnih tehnologijah. Pregledovalnik podatkov v starejši ASP.NET Forms, Nastavitvena orodja v novejši ASP.NET MVC (opisano v poglavju 4.3.6). Ugotovili smo, da bi nam, zaradi kompleksnosti Pregledovalnika podatkov, tehnologija ASP.NET Forms za nadaljnji razvoj vzela preveč časa. Problemi so se začeli pojavljati pri nadaljnjih zahtevah aplikacije, ki bi jih morali vpeljati. Tudi sama namestitvev aplikacije na strežnik je bila zaradi različnih tehnologij otežena. To smo rešili s preходом na poenoteno tehnologijo ASP.NET MVC, kar nam je zelo olajšalo razvoj in vzdrževanje aplikacije. Zaradi skupnega projektnega okolja je tudi pregled datotek razvijalcu postal prijaznejši in bolj razumljiv.

V začetni fazi razvoja smo veliko pozornosti namenili pravilni uvedbi večnivojske arhitekture. Da smo obdržali neodvisnost modulov, s katero smo dobili večjo skalabilnost ter lažje vzdrževanje, smo se morali s sodelavci redno obveščati, na katerem delu modula delamo. Večnivojska arhitektura se je že obrestovala. Zaradi menjave tehnologije za implementacijo uporabniškega

vmesnika nam ni bilo treba popravljati ne nivoja za dostop podatkov niti nivoja poslovne logike.

Z velikostjo in kompleksnostjo aplikacije koda postaja nepregledna. Skozi projekt smo se naučili, da je treba kodo stalno preurejati (angl. *refactoring*), ker le tako koda ostaja "živa". Končni produkt kaže na to, da so uporabljene tehnologije primerne za razvoj kompleksnih in stabilnih aplikacij.

Komunikacija je bila kljub manjši ekipi zelo pomembna. Na začetku tedna smo imeli z vodjo projekta, ki ni bil razvijalec, tedenske sestanke, na katerih smo določili tedenske cilje. Za izvedbo nalog smo skupaj z vodjo projekta določili, kdo je najprimernejša oseba za izvedbo zadolžitve. Za sledenje opravljenim nalogam in potrebnim popravkom smo uporabili spletno aplikacijo Bugzilla. Ta nam je omogočila sledljivost in medsebojno komunikacijo za določeno nalogo ali popravek.

Platforma MiSmart je bila prvotno izdelana za eno izmed slovenskih elektrodistribucijskih podjetji, ki jo sedaj tudi uspešno uporablja. Razvili smo odzivno in stabilno aplikacijo. V prihodnje jo bomo še izboljšali z uporabo novih tehnologij. Trenutno slovenski elektro distributer uporablja 270 merilnih naprav, priključenih na platformo MiSmart. Uporaba platforme MiSmart ni bila nikoli finančno ovrednotena, ker uporabnik ni imel takih zahtev in potreb. Ocena uporabnika je, da je uvedba platforme MiSmart omogoča razpolovila odzivni čas na težave v omrežju. Odzivi in zadovoljstvo uporabnika so dobri, kar je glavni kazalnik uspeha projekta.

Platforma MiSmart ima vsekakor možnost nadgradnje in dopolnitve z dodatnimi funkcionalnostmi, kar bi ji omogočilo dodatno širjenje do ostalih elektro distribucij in manjših uporabnikov. Ena od takšnih funkcionalnosti je *mimic diagram* vozlišč omrežja in prikaz merilnih naprav na geografskih zemljevidih, s katerima bi dobili boljši pregled nad celotnim omrežjem. V prihodnje nameravamo zagotoviti avtonomnost delovanja sistema. Uporabnik bi imel v aplikaciji možnost nastavitvev, s katerimi bi dobil SMS-sporočilo ob alarmih oz. drugih dogodkih. Dodati nameravamo tudi možnost avtomatskega kreiranja in pošiljanja poročil.

Literatura

- [1] D. Matvoz, P. Bergant, F. Žlahtič in B. Drago, „Monitoring kakovosti električne napetosti v DEES Slovenije“, Cired ŠK 2 - 5, pp. 23 - 28, 2005
- [2] K. Podjed, „Trgovanje z električno energijo in racionalna raba energije“. Ljubljana: ICES, 2001
- [3] Sistemski operater distribucijskega omrežja, „SODO“, 2013. Dostopno na: <http://www.sodo.si>
- [4] Agencija za energijo, 2014. Dostopno na: <http://www.agen-rs.si>
- [5] Elektro Slovenija, „Letno poročilo o obratovanju prenosnega omrežja za leto 2012“, ELES, Ljubljana, 2013
- [6] Iskra sistemi. d.d., „IskraSistemi“. Dostopno na: <http://www.iskrasistemi.si>.
- [7] Jose Rolando Guay Paz, „Beginning ASP.NET MVC 4“, 2013
- [8] Ž. Zupan, „Comparison of web application development in Visual Studio Web Forms and MVC“, 2013. Dostopno na: <http://eprints.fri.uni-lj.si/2323>
- [9] PQView, 2014. Dostopno na: <http://www.pqview.net/pqdif.asp>

- [10] T. Erl, „Service-Oriented Architecture (SOA): Concepts, Technology, and Design”, 2005
- [11] A. Saltarello, „Microsoft .NET - Architecting Applications for the Enterprise (Developer Reference)”, 2008